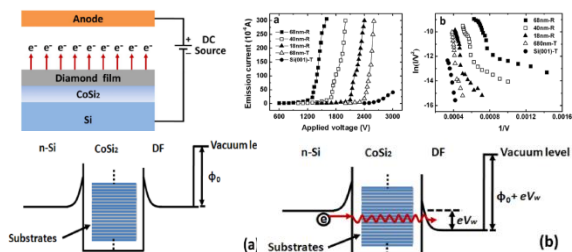


国内进展

金刚石/硅化钼/硅量子阱纳米结构中的共振隧穿场发射特性研究

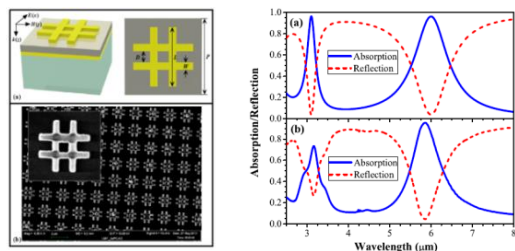
金刚石薄膜是理想的平面冷阴极材料，其功函数低、具有负电子亲和势以及优异物理化学性能。但金刚石与衬底间的界面势垒使金刚石表面隧穿电子数目大量减少，阻碍了电子的传输并降低了发射电流密度。因此，怎样改善发射体与衬底间的界面状态，降低发射阈值，提高发射电流密度和稳定性，一直是本领域的研究重点。最近，**中科院物理研究所微加工实验室顾长志研究员和纳米物理与器件实验室吕文刚副研究员与德国Siegen大学姜辛教授和德国Juelich研究中心S.Manti教授合作**，将金属性的 CoSi_2 作为过渡层引入到金刚石膜与硅衬底间，形成金刚石/ CoSi_2 /Si量子阱结构，使电子在穿过界面双势垒结构时发生共振隧穿，从而降低金刚石表面的电子发射阈值并明显提高了其发射电流密度。这一结构具有稳定性好、发射阈值低和电流密度高等特点。而且文中系统研究了外延 CoSi_2 薄膜的厚度、 CoSi_2 薄膜上金刚石的取向等因素对场发射特性的影响并建立了相关的共振隧穿模型，证明了材料表面的电子发射可以通过控制界面处的电子共振隧穿过程来调控。这一研究结果在高性能真空电子器件和大面积冷阴极平板显示器件领域具有潜在的应用。该工作发表在 **SCIENTIFIC REPORTS | 2 : 746 (2012)** 上，得到国家自然科学基金委与国家重点基础研究发展计划等的资助。



金刚石/ CoSi_2 /Si量子阱结构的电子发射示意图、特性及隧穿模型

红外波段极化不敏感、宽角、双带近完美超材料吸波体

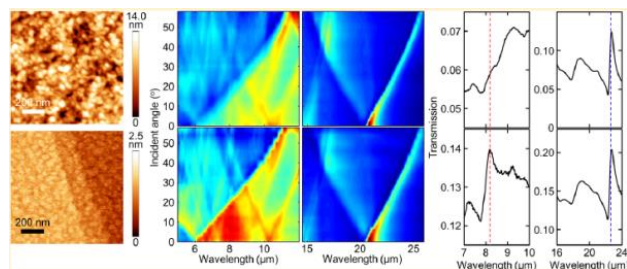
基于超材料电磁耦合谐振特性的完美吸收材料引起了广泛的关注，在光电探测、热像仪、太阳能转换以及为热辐射计等方面有着潜在的应用。根据应用需求，超材料吸波体研究已从窄带、宽带、双带拓展到多带。其中，双带超材料吸波体在光谱探测、被禁毒品的相位成像以及爆炸性材料探测应用上，吸引了尤为广泛的关注；这些材料在不同频率上具有显著的吸收或指纹特征。然而目前的研究中，还缺少有效的制备同时具有极化不敏感、宽角、双带近完美超材料吸波体的研究。鉴此，**南开大学的田建国教授课题组与物理所微加工实验室合作**，设计制备了包括Au平面层、 Al_2O_3 介质隔离层以及金图形层的简单周期结构。实验证实这种结构对横向电场与磁场均具有非极化、高吸收率（74%与96%）、双带吸收及较宽的光入射角等优点。这一研究为非极化、宽角入射波吸收应用提供了新的方法。该工作已发表在 **J. Opt. 14 (2012) 085102** 上，得到国家重点基础研究计划以及国家自然科学基金委等的资助。



入射光极化方式、超材料结构及其反射与吸收谱

中远红外区外延与多晶Ag膜中表面等离子激元调制的光学异常透射比较

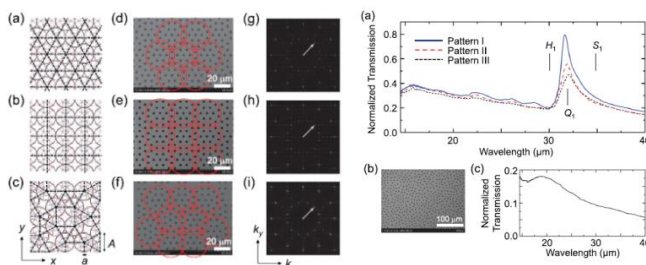
表面等离子激元 (SPPs) 是外界光场与金属中自由电子相互作用的电磁模。SPPs只能发生在介电参数符号相反的界面两侧。SPPs能够突破衍射极限，并具有很强的局域场增强特点，可以实现纳米尺度的光信息传输与处理，在高灵敏生物检测、传感和新型光源等领域获得了广泛的应用。但目前大多数SPPs器件都是在颗粒状金属薄膜上构建的，由颗粒边界以及粗糙的表面引起的损耗较大，限制了这一类器件的应用。最近，已有大量的研究探索怎样提高金属表面平整度并发现在可见光区，多晶材料SPPs纳米激光器具有极大的散射损耗并严重影响了其发光性能。由于SPPs在中远红外区具有极广泛地应用，因此很有必要研究外延与多晶材料SPPs器件中表面平整度与晶界对器件性能的影响。鉴此，**中科院物理所SC3组丘祥冈研究员课题组与微加工实验室等合作**，采用角分辨光谱学研究了生长在Si衬底上的外延单晶与多晶Ag薄膜上的表面等离子激元传播特性，并通过光学异常透射特性分析了表面等离子激元震荡特性。从实验与理论上研究证实了在红外波段，表面粗糙度对SPPs的传播具有重要的影响。该工作发表在 **Nano Lett. 12 (2012) 6187** 上，得到国家重点基础研究发展计划与国家自然科学基金委等的资助。



外延与多晶Ag膜上实验与计算的角分辨光学异常透射特性

具有恒定非谐振透射的法诺共振的局部旋转对称效应

人工微结构分离孔洞中的非谐振透射与受表面等离子激元调制的共振透射耦合产生的法诺共振，可通过其远场光响应特性，即非对称线型光谱的形状来进行表征。结构对共振透射的影响规律研究中，怎样使非谐振透射通道与法诺共振峰的位置保持不变很有挑战性，且目前关于异常透射超材料结构中法诺共振的研究多集中在可见与太拉赫兹波段，而红外波段在生物传感、成像以及多功能混合集成方面具有潜在的应用。鉴此，**中科院物理所SC3组丘祥冈研究员课题组与微加工实验室等合作**，采用十二面体超晶胞结构，设计制备了三种具有十二重准周期结构的亚波长孔洞阵列，并通过远红外透射研究了这些结构的法诺共振特性，对低阶法诺共振模式的透射特性比较发现十二重准周期亚波长孔洞阵列结构的局部旋转对称性越高，其透射光越强并且法诺共振峰谱线越窄。该工作发表在 **Appl. Phys. Lett. 101 (2012) 031114** 上，得到国家重点基础研究发展计划与国家自然科学基金委等的资助。

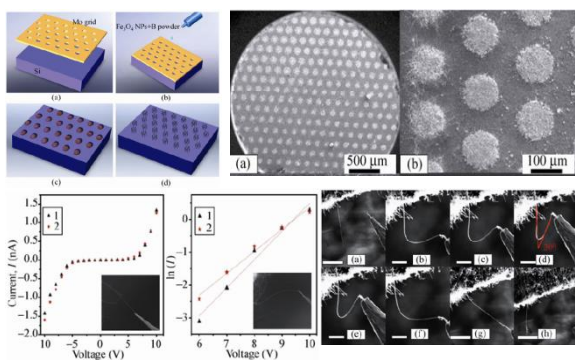


Au/Ta/Si衬底上的局部旋转对称结构及其透射谱

国内进展

图形化碳化硼纳米线的制备及其电学、场发射与柔性特性研究

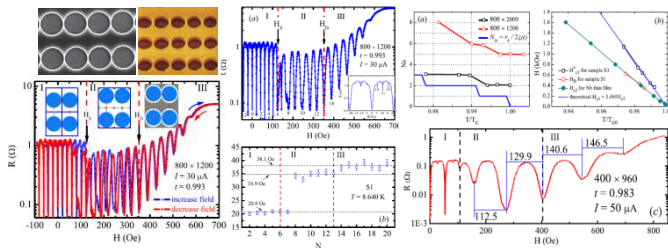
碳化硼是一种具有极高的熔点、物理与化学性能稳定、超硬、质量轻并能吸收中子的半导体材料；其杨氏模量与塞贝系数高，具有极好的机械与热电特性，在高温热电源转换与平板显示器领域有着广泛的应用。因此，需要系统的研究图形化碳化硼纳米线的电学、机械与场发射特性。**中科院物理所高鸿钧研究员课题组与微加工实验室等合作**，采用Mo圆孔网栅做图形化模板，通过催化剂颗粒的图形化分布以及化学气相沉积的方法，制备了碳化硼纳米线图形阵列，利用聚焦离子束系统中的微探针研究了其电学、场发射及机械性能；实验测得碳化硼纳米线薄膜场发射开启场为2.7 V/ μm ，低于块体材料对应的值，同时单根纳米线具有极好的延展性。表明碳化硼纳米线是很有前景的冷场发射材料。该工作发表在**Nano Res 5 (2012) 896**上，得到国家自然科学基金委与到国家重点基础研究发展计划等的资助。



图形化碳化硼纳米线的制备流程图、电子扫描显微镜照片、场发射特性与柔性特征

具有反点阵矩形阵列结构的Nb薄膜中的磁阻震荡交叉行为

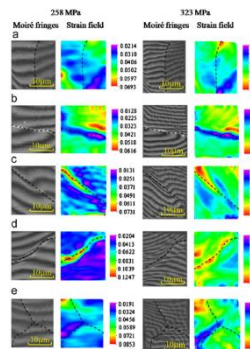
当纳米超导体结构的尺寸与其物理特征尺寸相比拟时，其超导特性，包括超导相界、磁阻以及与磁场相关的临界电流等均与其拓扑结构密切相关。**中科院物理所SC3组丘祥冈研究员课题组与微加工实验室等合作**，通过紫外光刻与干法刻蚀技术相结合，在Nb/SiO₂/Si上制备了具有反点阵矩形阵列超导纳米结构；输运特性测试观察到磁电阻振荡经历了一系列的模式变化：集体振荡；间隙磁通格子引起的振荡；环状边缘超导态的Little-Parks振荡。它们之间的转变磁场受到温度和几何结构的影响。研究表明当磁场渗透到纳米结构的超导体中，超导有序参数可以得到极大的调制并改变结构中的震荡模式。该工作发表在**The Frontier of Physics EPL, 99 (2012) 37006**上，得到国家重点基础研究发展计划与国家自然科学基金委等资助。



反点阵矩形阵列结构、晶畴结构及其磁阻震荡交叉行为

多晶材料上微观机械性能的扫描电子显微镜的 Moire 表征

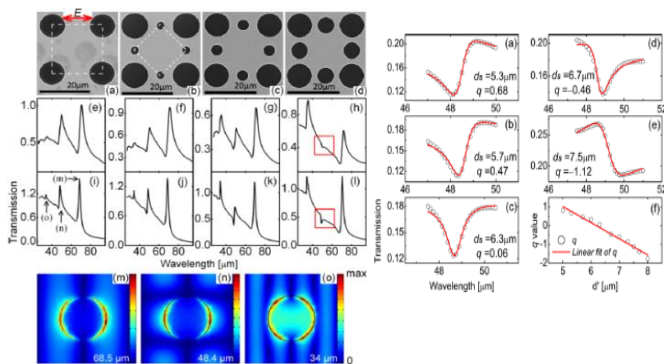
微观尺度下，多晶体中晶粒的尺寸、晶界、形状以及晶粒的晶向对材料的机械性能影响密切。在晶粒尺度下，为确保晶体塑性形变模型能精确的用来分析多晶材料的微观机械响应特性与响应机制，首先离不开对微观机械形变的有效表征方法。鉴此，**清华大学谢惠民教授课题组与物理所微加工实验室合作**，研究了聚焦离子束刻蚀制备高密度光栅结构并利用SEM Morie环观测相结合的方法，系统研究了多晶体系是中形变与晶界及应力场的对应关系。该工作发表在**Optics & Lasers Eng. 50 (2012) 1757**上，得到国家重点基础研究发展计划与国家自然科学基金委等的资助。



晶界处Moire环及应力场

伪表面等离子激元中法诺共振非对称参数的模耦合调制

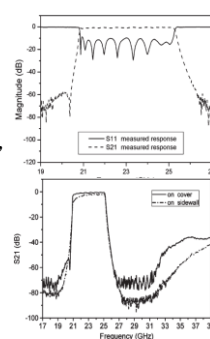
伪表面等离子激元 (SSPs)是指通过材料表面的合理的图形化而导致的即使是在完美的导电金属表面也会存在的局域化电磁模。SSPs的发现使与表面等离子体物理相关的应用向更低的频率发展，在生物传感等领域具有潜在的应用。SSPs的透射谱具有显著的线型且非对称，称为法诺共振。法诺共振谱的非对称性因子可通过许多激发手段来调制，如采用非称性的纳米结构图形、改变介质层以及光的入射角等。但目前这些研究多局限在可见与近红外波段。鉴此，**中科院物理所SC3组丘祥冈研究员课题组与微加工实验室合作**，通过紫外光刻与反应离子刻蚀技术相结合，在Au/Ti膜上制备了双嵌套的孔洞阵列混合结构。理论与实验结果显示这种SSPs的法诺共振谱的非对称性因子可通过人工结构连续调制，其正负性可变量且数值与孔洞尺寸线性相关。该工作发表在**Appl. Phys. Lett. 100 (2012) 131110**上，得到国家自然科学基金委和科学院等项目的资助。



Au/Ti/Si衬底上SSPs嵌套孔洞阵列混合结构及其电场分布与透射谱

12极K-带宽带高温超导微带滤波器

高温超导材料 (HTS) 具有极地的低频表面电阻率，因此HTS微带滤波器多年来一直是研究热点。低频下，HTS微带滤波器具有比普通导体材料微带滤波器更低的插入损耗，但随着频率的升高，插入损耗增加。较高频段的HTS微带滤波器已有大量的研究，但宽带及高频段的HTS微带滤波器的应用探索还较少。鉴此**中科院物理所SC5组何豫生研究员课题组与微加工实验室合作**，采用嵌套耦合结构，设计制备了12极K-带宽带HTS微带滤波器，采用微波吸收材料来消除空腔谐振。获得了带宽为4.2GHz，中心频率为23GHz的性能优良的HTS微带滤波器。该工作发表在**IEEE Trans. Appl. Supercond 12 (2012) 1500106**上，得到国家自然科学基金委和科学院等项目的资助。



12极K-带宽带HTS微带滤波器反射透射及宽带响应特性